জাহাঙ্গীরনগর বিশ্ববিদ্যালয় ভূগোল ও পরিবেশ সমীক্ষণ ৪৩:২০২৪ (পৃ. ১১৫-১২৬)
Jahangirnagar Bishwavidyalay Bhugol O Paribesh Samikkhan 43:2024 (pp 115-126) ISSN 1027-8567

কক্সবাজারের ফাঁশিয়াখালিতে বন বিপর্যয় ও পুনরুদ্ধার কৌশল: একটি ল্যান্ডট্রেন্ডার মডেল পদ্ধতি

মুহাম্মদ খলিলুর রহমান[১], এবাদুল্লাহ খান[২]

[১]জুনিয়র কনসালটেন্ট, জীবন ও জীবিকা (সুফল প্রকল্প), বন বিভাগ, ঢাকা
[২]সহযোগী অধ্যাপক, ভূগোল ও পরবিশে বিভাগ, জাহাঙ্গীরনগর বিশ্ববিদ্যালয়, সাভার, ঢাকা-১৩৪২

সারসংক্ষেপ: ফাঁশিয়াখালি বন্যপ্রাণী অভয়ারণ্য বাংলাদেশের কক্সবাজার জেলার চকরিয়া উপজেলায় অবস্থিত। এটি বাংলাদেশ বন বিভাগের ঘোষিত একটি সংরক্ষিত এলাকা যা জীববৈচিত্র্য সংরক্ষণে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করছে। বর্তমানে বনটি মানবসৃষ্ট কার্যক্রম দ্বারা হুমকির সম্মুখীন। এই গবেষণার প্রধান উদ্দেশ্য হলো ১৯৮৯ থেকে ২০২৪ পর্যন্ত Landsat ইমেজ এবং LandTrendr মডেল ব্যবহার করে গবেষণা এলাকার বন বিপর্যয় এবং পুনরুদ্ধারের ধরন মূল্যায়ন করা। এছাড়া NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) বর্ণালী সূচক ব্যবহার করে বন পরিবর্তন ধারা নিরূপন করা হয়েছে। এতে NDVI এ পরিবর্তনের সর্বোচ্চ মান ০.৫৬ এবং সর্বনিম্ন মান ০.১। যা বন এলাকার বিপর্যয়ের মাত্রা নির্দেশ করে। মডেল ফিটিং যাচাইয়ের জন্য গবেষণা এলাকায় ৮টি রেফারেন্স পয়েন্ট নেয়া হয়েছে। প্রথম সাতটি পয়েন্টে বিপর্যয় সংগঠিত হওয়ার পর পুনরুদ্ধার হলেও শেষের পয়েন্টিতে বিপর্যয় থেকে উন্নয়ন সম্ভব হয়নি। ফলাফল হতে দেখা যায়, ২০০৫ ও ২০২৩ সালে উল্লেখযোগ্য বন বিপর্যয় ঘটে, যেখানে যথাক্রমে ৪৭.৮৮ এবং ৩৬.৪৫ হেক্টর এলাকা ক্ষতিগ্রস্ত হয়। সবচেয়ে বেশি বিপর্যয় দক্ষিণ ও দক্ষিণ-পশ্চিম অঞ্চলে ঘটলেও, উত্তর-পূর্ব ও কেন্দ্রীয় অংশে বন পুনরুদ্ধার লক্ষ করা গেছে। এই পুনরুদ্ধার অঞ্চলগুলো প্রমাণ করে যে, কিছু অংশে অভয়ারণ্যটি বাস্তুতন্ত্রগত স্থিতিস্থাপকতা প্রদর্শন করে। বিপর্যয়ের মাত্রানুসারে গবেষণা এলাকাকে উচ্চ, মাঝারি, নিম্ন বন বিপর্যয় ও অপরিবর্তীত বন এলাকা যথাক্রমে ৭.০২, ১৬৭.২২, ২০১.৬৯ ও ৯৬১.০২ হেক্টর। এছাড়া, SMART (Spatial Monitoring and Reporting Tool) পেট্রোলিং দ্বারা প্রাপ্ত মাঠকর্মে তথ্য বিশ্লেষণে মানবসৃষ্ট কাজ যেমন বন দখল (৩০%), অবৈধ কাঠ সংগ্রহ (২০%), অতিরিক্ত জ্বালানী কাঠ সংগ্রহ (২৫%), এবং বন আগুন (৩%) ছিল বন বিপর্যয়ের কারণ। এই গবেষণা ফাঁশিয়াখালি বন্যপ্রাণী অভয়ারণ্যের বাস্তুতন্ত্র রক্ষায় টেকসই বন ব্যবস্থাপনা ও সংরক্ষণ কৌশল গ্রহণে প্রয়োজনীয় ভূমিকা রাখবে।

মূলশব্দ: বিপর্যয়, পুনরুদ্ধার, NDVI, রিমোট সেন্সিং, LandTrendr, SMART পেট্রোলিং

ভূমিকা

ফাঁশিয়াখালি বন্যপ্রাণী অভয়ারণ্য বাংলাদেশের একটি গুরুত্বপূর্ণ সংরক্ষিত এলাকা। যা বিভিন্ন বাস্তুতন্ত্রের ভারসাম্যপূর্ণ পরিবেশ সৃষ্টিতে ভূমিকা পালন করে। এই অভয়ারণ্যে বিরল উদ্ভিদ ও প্রাণীর বসবাস। যার মধ্যে অন্যতম হল এশীয় হাতি (Elephas maximus) এবং বন্য শুকরসহ অন্যান্য প্রজাতির বন্যপ্রাণী। তবে অভয়ারণ্যটি মানুষের অবৈধ আবাসন সৃষ্টি, অবৈধ গাছ কাটা এবং অতিরিক্ত মাত্রায় জ্বালানি কাঠ সংগ্রহের কারণে ক্রমান্বয়ে এ বনাঞ্চলের অবক্ষয় ঘটছে। বন বাস্তুতন্ত্রগুলির জীববৈচিত্র রক্ষা, জলবায়ু নিয়ন্ত্রণ এবং স্থানীয় সম্প্রদায়ের জন্য প্রয়োজনীয় সম্পদ সরবরাহে অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে (Hansen et al., 2013)।

ব্যবস্থাপনা এবং সংরক্ষণ কার্যক্রমে বন বিপর্যয় এবং পুনরুদ্ধার গবেষণায় একটি গুরুত্বপূর্ণ বিষয় হয়ে উঠেছে। বন বিপর্যয় হলো বনের গঠন উল্লেখযোগ্যভাবে পরিবর্তিত হওয়া এবং পুনরুদ্ধার হলো ক্ষতিগ্রস্ত অবস্থার উন্নতির মাধ্যমে বনের আগের পরিবেশগত স্বাস্থ্য এবং জীববৈচিত্র ফিরিয়ে আনা। কয়েকটি গবেষণায় দেখা গেছে যে, বন পুনরুদ্ধারের উপর বিপর্যয়ের ধরণ এবং তীব্রতা, বাস্তুতন্ত্রের সহনশীলতা এবং মানবসৃষ্ট কার্যকলাপ প্রভাব ফেলে (Lindenmazer et al., 2006; He et al., 2015)।

রিমোট সেন্সিং কৌশল এই পরিবর্তনগুলো নির্ণয় করার জন্য অন্যতম উপযোগী পদ্ধতি হিসেবে প্রমাণিত হয়েছে। স্যাটেলাইট ইমেজ দ্বারা ব্যাপক এলাকার ধারাবাহিক ও দীর্ঘমেয়াদি পর্যবেক্ষণ করা সম্ভব। যা বন আচ্ছাদন পরিবর্তন, উদ্ভিদ স্বাস্থ্য এবং বিপর্যয় ধরণ সনাক্তকরণে গুরুত্বপূর্ণ তথ্য প্রদান করে। Kennedy et al. (2010) এর মতে, LandTrendr বনগুলির বিপর্যয় বিশ্লেষণে বিশেষভাবে কার্যকর, কারণ এটি বিপর্যয়ের গতিশীলতার বিস্তারিত দৃশ্য প্রদান করে, যার মধ্যে সময়, মাত্রা, এবং পুনরুদ্ধারের হার অন্তর্ভুক্ত রয়েছে। মডেলটি ছোট ছোট বিপর্যয় বাদ দেওয়ার জন্যও কার্যকর এবং সেসব বিপর্যয় সনাক্ত করতে সক্ষম যা একক স্যাটেলাইট চিত্রে সহজে দৃশ্যমান নয়।

LandTrendr মডেল (Landsat-ভিত্তিক বন বিপর্যয় এবং পুনরুদ্ধারের প্রবণতা সনাক্তকরণ) একটি উপযোগী কৌশল যা দীর্ঘ সময়ের স্যাটেলাইট ইমেজ প্রক্রিয়াকরণের মাধ্যমে বনে

বিপর্যয় এবং পুনরুদ্ধারের গতিবিধি সনাক্ত করতে সক্ষম। এই মডেলটি উদ্ভিদ সূচকের সময় সিরিজের রৈখিক বিভাজনের সামঞ্জস্য করে, যেমন NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) যা সময়ের সাথে সাথে হঠাৎ বা ধীর পরিবর্তন সনাক্ত করতে সহায়ক। LandTrendr এর মতো রিমোট সেন্সিং মডেলগুলি এই বিপর্যয়ের মাত্রা এবং পুনরুদ্ধারে কার্যকারিতা মূল্যায়ণ করতে অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ। Cohen et al. (2016) এবং Kennedy et al.(2018) এর গবেষণায় দেখানো হয়েছে যে, এই কৌশলগুলি বিপর্যয়ের ধরণ এবং পুনরুদ্ধার অঞ্চল সনাক্ত করতে সহায়ক। যা রক্ষিত এলাকায় অভিযোজনমূলক ব্যবস্থাপনা কৌশলগুলির জন্য অপরিহার্য তথ্য প্রদান করে। Gomez et al. (2021) LandTrendr এর কার্যকারিতা আরও বিস্তৃত করেছেন। যা বিভিন্ন বাস্তুতন্ত্রে, যেমন গ্রীষ্মমণ্ডলীয় এবং উষ্ণমণ্ডলীয় বন, বৃহৎ এবং ছোট-আকারের বিপর্যয়গুলি পর্যবেক্ষণ করতে সাহায্য করেছে। এছাড়াও, LandTrendr এ বিভিন্ন বর্ণালী সূচক যেমন NDVI, NBR, Ges TCW (Tasseled Cap Wetness) একত্রিতভাবে প্রক্রিয়া করতে পারে এবং এটি বন বাস্তুতন্ত্রের বিভিন্ন দিক পর্যবেক্ষণ করতে একটি ব্যবহৃত পদ্ধতি হিসেবে পরিচিতি পায়। বন বিপর্যয় এবং পূনরুদ্ধার নির্ণয় করার গুরুত্ব বিভিন্ন গবেষণায় তুলে ধরা হয়েছে। Hansen et al. (2013) গ্রীষ্মমণ্ডলীয় বনগুলিতে বন উচ্ছেদের ধরণ মূল্যায়ন করতে Landsat ইমেজ ব্যবহার করেছিলেন এবং দেখিয়েছিলেন কীভাবে সময়-সিরিজ তথ্য ব্যবহার করে বন উচ্ছেদ এবং অবক্ষয় সনাক্ত করা যায়। যা নীতিমালা প্রণয়নে সহায়ক ভূমিকা পালন করে। Huang et al. (2010) একইভাবে দেখিয়েছেন কীভাবে একাধিক বছরের স্যাটেলাইট ডেটা ব্যবহার করে স্বল্প সময়ের মধ্যকার সন্নিহিত বিপর্যয় এবং বন পুনরুদ্ধার নির্ণয় করা যায়। এই পদ্ধতিতে বিশেষভাবে ধীরে ধীরে কীভাবে বন পরিবর্তিত হয় তার উপর মনোযোগ কেন্দ্রীভূত করে। এছাড়া, NDVI মতো বর্ণালী সূচক ব্যবহার বন স্বাস্থ্য সনাক্তকরণের জন্য বিশেষভাবে কার্যকর প্রমাণিত হয়েছে, কারণ এই সূচকগুলি সময়ের সাথে উদ্ভিদ ও বনের পরিবর্তন প্রতিফলিত করতে পারে (Zhao et al., 2015)। NBR বিশেষভাবে আগুন এবং কাঠ চুরি সনাক্ত করতে কার্যকর, যা ফাঁশিয়াখালি এর মতো রক্ষিত এলাকায় গবেষণা কাজে ব্যবহার করা জরুরি।

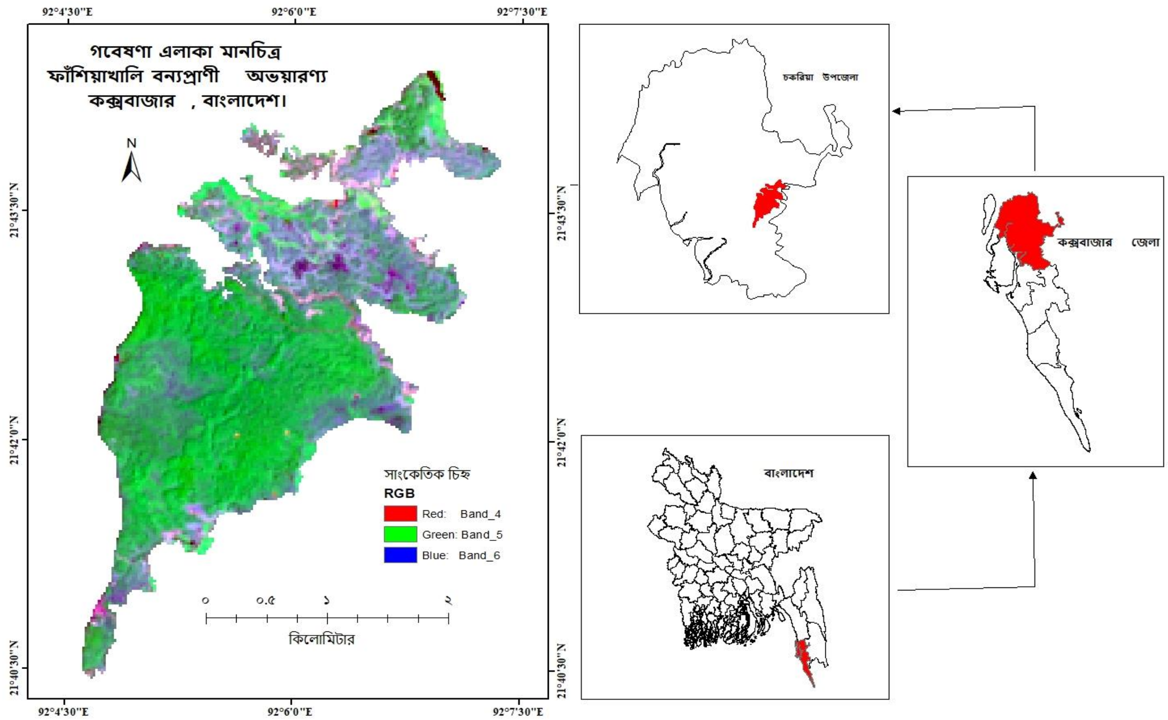
ফাঁশিয়াখালি বন্যপ্রাণী অভয়ারণ্য বিরল প্রজাতির বাসস্থল হিসেবে কাজ করে, যেমন এশীয় হাতি, তবে আশেপাশের মানব কার্যক্রমের কারণে ক্রমশ প্রজাতিগুলো হুমকির সম্মুখীন হচ্ছে। যদিও বাংলাদেশ বন বিভাগ এবং স্থানীয় অংশীদাররা অভয়ারণ্যটি সংরক্ষণ করার জন্য প্রচেষ্টা চালাচ্ছে। কিন্তু অবৈধভাবে সম্পদ সংগ্রহ এবং জনসংখ্যার চাপের কারণে চ্যালেঞ্জ বৃদ্ধি পাচ্ছে (IPAC Report, 2009)। (Smith et al., 2018) তুলে ধরেন যে, বর্তমানে বনটি অবৈধ আবাসস্থল স্থাপন, কাঠ চুরি এবং মানব-বন্যপ্রাণী সংঘর্ষের মতো চ্যালেঞ্জের সম্মুখীন হচ্ছে।

ফাঁশিয়াখালি বন্যপ্রাণী অভয়ারণ্য এর বন বিপর্যয় এবং পুনরুদ্ধার গতিশীলতা বুঝতে এই গবেষণা অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ। অভয়ারণ্যটির বাস্তুতন্ত্র যা এশীয় হাতি এর মতো বিপন্ন প্রজাতি সংরক্ষণ করে। কিন্তু বনটি ক্রমাগত চাপের মধ্যে রয়েছে। তাই এই বিপর্যয়ের প্রভাবগুলি পর্যবেক্ষণ এবং মূল্যায়ন করা অপরিহার্য। LandTrendr মডেল প্রয়োগের মাধ্যমে দীর্ঘ সময়ের স্যাটেলাইট ইমেজ বিশ্লেষণ করে বিপর্যয়ের পরিবর্তনগুলির মাত্রা এবং সময় সম্পর্কে তথ্য প্রদান করবে। এই পদ্ধতিতে বন পুনরুদ্ধার মূল্যায়ণ ও সঠিক পরিকল্পনা গ্রহণ সম্ভব। এই ফলাফলগুলি অবৈধভাবে বন সম্পদ উজাড় এবং বন দখলের মতো মূল চ্যালেঞ্জ সমাধান করার ক্ষেত্রে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করবে যা অভয়ারণ্যটির বন্যপ্রাণী এবং বাস্তুতন্ত্রের দীর্ঘমেয়াদী বেঁচে থাকার জন্য অপরিহার্য। এই গবেষণার গুরুত্বপূর্ণ দিক হলো অভয়ারণ্যটির টেকসই ব্যবস্থাপনা গ্রহণে সঠিক তথ্য প্রদান করবে যা ভবিষ্যতের সংরক্ষণ প্রচেষ্টাকে এগিয়ে নিবে। এটি বনগত গতিশীলতা সম্পর্কিত বৈজ্ঞানিক জ্ঞান বৃদ্ধিতে ও নীতিনির্ধারকদের সিদ্ধান্ত নিতে সাহায্য করবে। এছাড়া স্থানীয় ইকো-টুরিজম উদ্যোগকে টেকসই করতে ভূমিকা রাখবে।

এই গবেষণায়, আমরা ফাঁশিয়াখালি বন্যপ্রাণী অভয়ারণ্যে বন বিপর্যয় এবং পুনরুদ্ধারের ধরণ মূল্যায়ন করতে রিমোট সেন্সিং উপাত্ত এবং LandTrendr মডেল ব্যবহার করা হয়েছে। এই মডেলটি NDVI এর মতো বর্ণালী সূচক সময়ের সাথে পরিবর্তন বিশ্লেষণ করে বন বাস্তুতন্ত্রে বিপর্যয় এবং পুনরুদ্ধার সনাক্ত করতে সহায়ক। এর মাধ্যমে অভয়ারণ্যের বন পরিবর্তনের সময়গত গতিবিধি সম্পর্কে তথ্য প্রদান করা এবং বন বিপর্যয় এবং পুনরুদ্ধার এর প্রধান চালক চিহ্নিত করা সম্ভব। এই গবেষনার প্রধান লক্ষ্য হলো রিমোট সেন্সিং উপাত্ত এবং LandTrendr মডেল ব্যবহার করে ফাঁশিয়াখালি বন্যপ্রাণী অভয়ারণ্যে বন বিপর্যয় সনাক্তকরন এবং পুনরুদ্ধারের ধরণ মূল্যায়ণের মাধ্যমে মানবসৃষ্ট প্রভাব নির্ণয়।

গবেষণা এলাকা

ফাঁশিয়াখালী বন্যপ্রাণী অভয়ারণ্য বাংলাদেশের দক্ষিণ-পূর্ব অংশের কক্সবাজার জেলার চকরিয়া উপজেলায় অবস্থিত (চিত্র ১)। এটি ১,৩০২ হেক্টর আয়তন এবং ১৯৭৪ সালের বাংলাদেশ বন্যপ্রাণী (সংরক্ষণ) আইন এর অধীনে ২০০৭ সালে আনুষ্ঠানিকভাবে একটি বন্যপ্রাণী অভয়ারণ্য হিসেবে ঘোষণা করা হয়।



চিত্র ১: গবেষণা এলাকা ফাঁশিয়াখালি বন্যপ্রাণী অভয়ারণ্য [উৎস: লেখক কর্তৃক সংকলিত, ২০২৪]

এই অভয়ারণ্য বিভিন্ন বাস্তুতন্ত্র সংরক্ষণে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে, যার মধ্যে রয়েছে চিরসবুজ বন, ঘন উদ্ভিদ এবং বাঁশবাগান। এসব বাস্তুতন্ত্র অনেক প্রজাতির আবাসস্থল, বিশেষত এশীয় হাতি (Elephas maximus) এবং অন্যান্য বন্যপ্রাণী যেমন উত্তর পিগটেইল ম্যাকাক (Macaca leonina) এবং জঙ্গল বিড়াল (Felis chaus) (Cohen et al., 2016; IPAC Report, 2009)। এই বাস্তুতন্ত্রগুলোর উপর মানব কার্যক্রম যেমন অবৈধ কাঠ চুরি, জ্বালানি কাঠ সংগ্রহ এবং ভূমি দখল এর ফলে বনের প্রাকৃতিক আবাসস্থলের গুণমান কমে যাচ্ছে। এছাড়াও, মানুষের আবাসিক এলাকা বেড়ে যাওয়ার কারণে হাতি এবং মানুষের মধ্যে সংঘর্ষ বৃদ্ধি পাচ্ছে, কারণ হাতির প্রাকৃতিক আবাসস্থল অভয়ারণ্য এর সীমানা ভেদ করে সম্প্রসারিত হচ্ছে (Gomez et al., 2021)। ফাঁশিয়াখালি বন্যপ্রাণী অভয়ারণ্য এর চারপাশে ৩০টি গ্রাম রয়েছ, যেখানে স্থানীয় বাসিন্দারা জ্বালানি কাঠ, কাঠ এবং অন্যান্য বনজ উপকরণ সংগ্রহের জন্য বনের উপর নির্ভরশীল, ফলে বনাঞ্চলের উপর অতিরিক্ত চাপ সৃষ্টি হচ্ছে (IPAC Report, 2009)।

উপাত্তের উৎস ও গবেষণা পদ্ধতি

উপাত্ত

এই গবেষণায় রিমোট সেন্সিং উপাত্ত এবং প্রাথমিক মাঠ উপাত্ত ব্যবহার করে ফাঁশিয়াখালি বন্যপ্রাণী অভয়ারণ্যে বন বিপর্যয় এবং পুনরুদ্ধার ধরণ বিশ্লেষণ করা হয়েছে (সারনী ১)। LandTrendr মডেল দীর্ঘ-কালীন স্যাটেলাইট ইমেজ ব্যবহার করে উদ্ভিদ আচ্ছাদনের প্রবণতা সনাক্ত করার একটি শক্তিশালী কৌশল।

Landsat ৫, ৭, এবং ৮ এর স্যাটেলাইট ইমেজগুলি GEE (Google Earth Engine) থেকে ১৯৮৯ থেকে ২০২৪ পর্যন্ত সময়সীমার জন্য সংগ্রহ করা হয়। এই ইমেজগুলি প্রক্রিয়াকরণের মাধ্যমে গবেষণা এলাকার উদ্ভিদ পর্যবেক্ষণ করা হয়েছে। NDVI পদ্ধতির মাধ্যমে নির্বাচিত বন এলাকার বিপর্যয় পর্যবেক্ষণ সনাক্ত করা হয়েছে। SMART পেট্রোলিং জরিপের মাধ্যমে বন এলাকার পরিদর্শন ও এলাকার মানুষের কাজ থেকে উপাত্ত সংগ্রহের মাধ্যমে বনে মানবসৃষ্ট প্রভাবে বন বিপর্যয় নির্ণয় করা হয়েছে। এই উপাত্ত LandTrendr মডেল দ্বারা সনাক্তকৃত বিপর্যয় এবং পুনরুদ্ধারের ধরণ ব্যাখ্যা করতে সহায়ক।

সারনী ১: ব্যবহৃত উপাত্তের ধরণ

উপাত্তের প্রকার	উৎস	উদ্দেশ্য
স্যাটেলাইট ইমেজ	Landsat ৫, ৭, ৮ (GEE)	বন আচ্ছাদন পর্যবেক্ষণের জন্য দীর্ঘকালীন উপাত্ত সংগ্রহ করা।
বর্ণালী সূচক	NDVI	বন বিপর্যয় এবং পুনরুদ্ধার ধরণ সনাক্ত করা।
মাঠ উপাত্ত	মাঠ জরিপ কাজ	বন বিপর্যয়ে প্রভাবিত করা মানবসৃষ্ট কার্যক্রমের উপাত্ত সংগ্রহ করা।

পদ্ধতি

LandTrendr মডেল

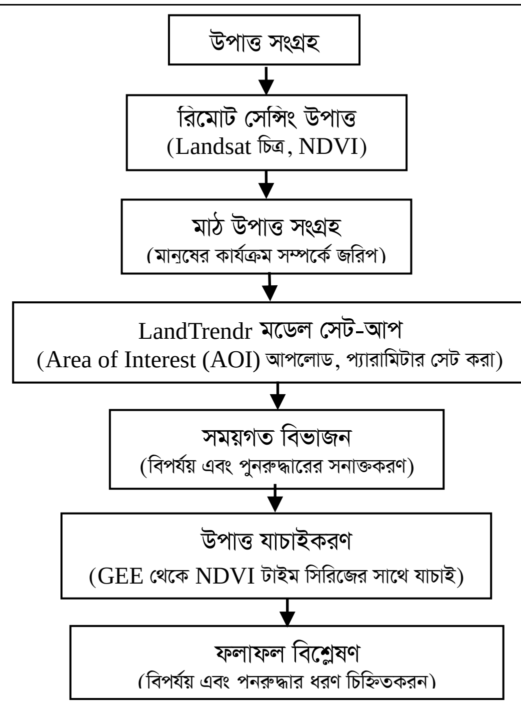
এটি একটি রিমোট সেন্সিং কৌশল। এই মডেলটি দীর্ঘ সময়ের স্যাটেলাইট ইমেজ প্রক্রিয়া করে বন বিপর্যয় এবং পুনরুদ্ধার বিষদভাবে বিশ্লেষণ করতে দারুণভাবে উপযোগী (সারনী ২)। এটি উদ্ভিদ আচ্ছাদনের হঠাৎ এবং ধীর পরিবর্তন সনাক্ত করতে বিশেষভাবে কার্যকর।

সারনী ২: LandTrendr মডেল কনফিগারেশন প্যারামিটার

প্যারামিটার	বিবরণ	মান
বর্ণীল সূচক	NDVI	উদ্ভিদ এবং বিপর্যয় পর্যবেক্ষণের জন্য ব্যবহৃত।
বিভাজন সূচক	সময়গত বিভাজন	সময়ের সাথে বিপর্যয় এবং পুনরুদ্ধার সনাক্ত করে।
বিপর্যয় প্রান্তিয় সীমা	উদ্ভিদ পরিবর্তনের মাত্রা	FWS এ উদ্ভিদ গতিশীলতার ভিত্তিতে সেট করা।
পুনরুদ্ধারের প্রান্তিয় সীমা	পুনরুদ্ধারের জন্য NDVI এর ন্যূনতম বৃদ্ধি	প্রাকৃতিক বন পুনর্গঠন এবং সংরক্ষণ হস্তক্ষেপের ভিত্তিতে সংজ্ঞায়িত।
কম্পন অপসারণ	উপাত্তের ছোট কম্পন বাদ দেয়	সঠিক বিপর্যয় সনাক্তকরণ নিশ্চিত করে।
Root Mean Square Error (RMSE)	মডেল সঠিকতা পরিমাপ	প্রত্যাশিত এবং বাস্তব মানের মধ্যে পার্থক্য পরিমাপ করে।

উপাত্ত এবং পদ্ধতি (চিত্র ২) ফাঁশিয়াখালি বন্যপ্রাণী অভয়ারণ্যে বন বিপর্যয় এবং পুনরুদ্ধার বিশ্লেষণ করার জন্য LandTrendr মডেল ব্যবহার করার ধাপে ধাপে প্রক্রিয়া প্রদান করে। এই পদ্ধতি উপাত্ত সংগ্রহ থেকে শুরু হয় যেখানে রিমোট সেন্সিং উপাত্ত (যেমন Landsat ইমেজ এবং বর্ণালী সূচক যেমন NDVI) এবং মাঠ উপাত্ত (স্থানীয় জরিপ থেকে মানবসৃষ্ট কার্যক্রম) সংগ্রহ করা হয়। এই উপাত্তগুলো অভয়ারণ্যটির বিস্তারিত প্রেক্ষাপট প্রদান করে এবং বিপর্যয়ের ধরণ যাচাই করতে সহায়ক হয়।

প্রথমে LandTrendr মডেলে ফাঁশিয়াখালি বন্যপ্রাণী অভয়ারণ্য এর শেপফাইল GEE এ আপলোড করা হয়, Area of Interest (AOI) সংযোজিত করা হয় এবং প্রয়োজনীয় মডেল প্যারামিটার কনফিগার করা হয়। তারপর সময়গত বিভাজন করা হয় যা LandTrendr মডেল প্রয়োগের মাধ্যমে বিপর্যয় এবং পুনরুদ্ধারের প্রবণতা সনাক্ত করে। বিভাজন শেষ হওয়ার পরে ফলাফলগুলি GEE থেকে সংগৃহীত NDVI টাইম সিরিজের সাথে যাচাই করা হয় যাতে সঠিকতা নিশ্চিত করা যায়। অবশেষে বিপর্যয় এবং পুনরুদ্ধার ধরণ বিশ্লেষণ করা হয় এবং চিত্রের মাধ্যমে উপস্থাপন করা হয়।

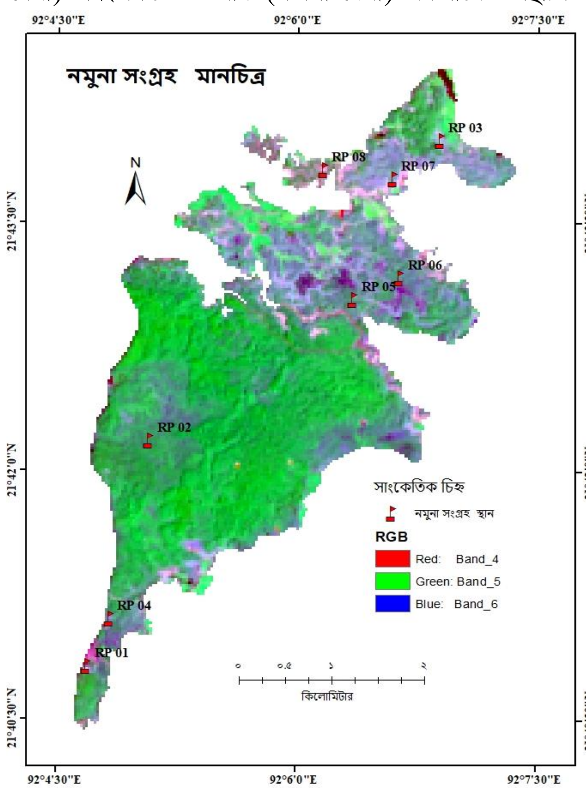


চিত্র ২: বন বিপর্যয় ও পুনরুদ্ধার সনাক্তকরণের জন্য Land Trendr মডেল প্রয়োগের পদ্ধতি ফ্লোচার্ট। [উৎস: লেখক কর্তৃক সংকলিত, ২০২৪]

এই গঠনমূলক পদ্ধতি রিমোট সেন্সিং এবং মাঠ উপাত্ত উভয়কে একত্রিত করে ফাঁশিয়াখালি বন্যপ্রাণী অভয়ারণ্যে বন গতিশীলতা সম্পর্কে একটি সামগ্রিক ধারণা প্রদান করে।

গবেষণার ফলাফল বিশ্লেষণ

বন বিপর্যয় নির্ণয়ে প্রথমে মাঠ জরিপের মাধ্যমে আটটি রেফারেন্স পয়েন্ট নেয়া হয়েছে। চিত্র ৩ ও ৪ এ আটটি রেফারেন্স পয়েন্ট (RP) এর NDVI সময়-সিরিজ গ্রাফ উল্লেখ রয়েছে। এটি গবেষণা এলাকায় বন বিপর্যয়ের পর্যায় এবং পুনরুদ্ধারের ধরণ বিশ্লেষণ করতে ব্যবহৃত হয়েছে। প্রতিটি গ্রাফে মূল উপাত্ত (নীল রেখা) এবং ফিটেড উপাত্ত (কমলা রেখা) একসাথে উপস্থাপিত

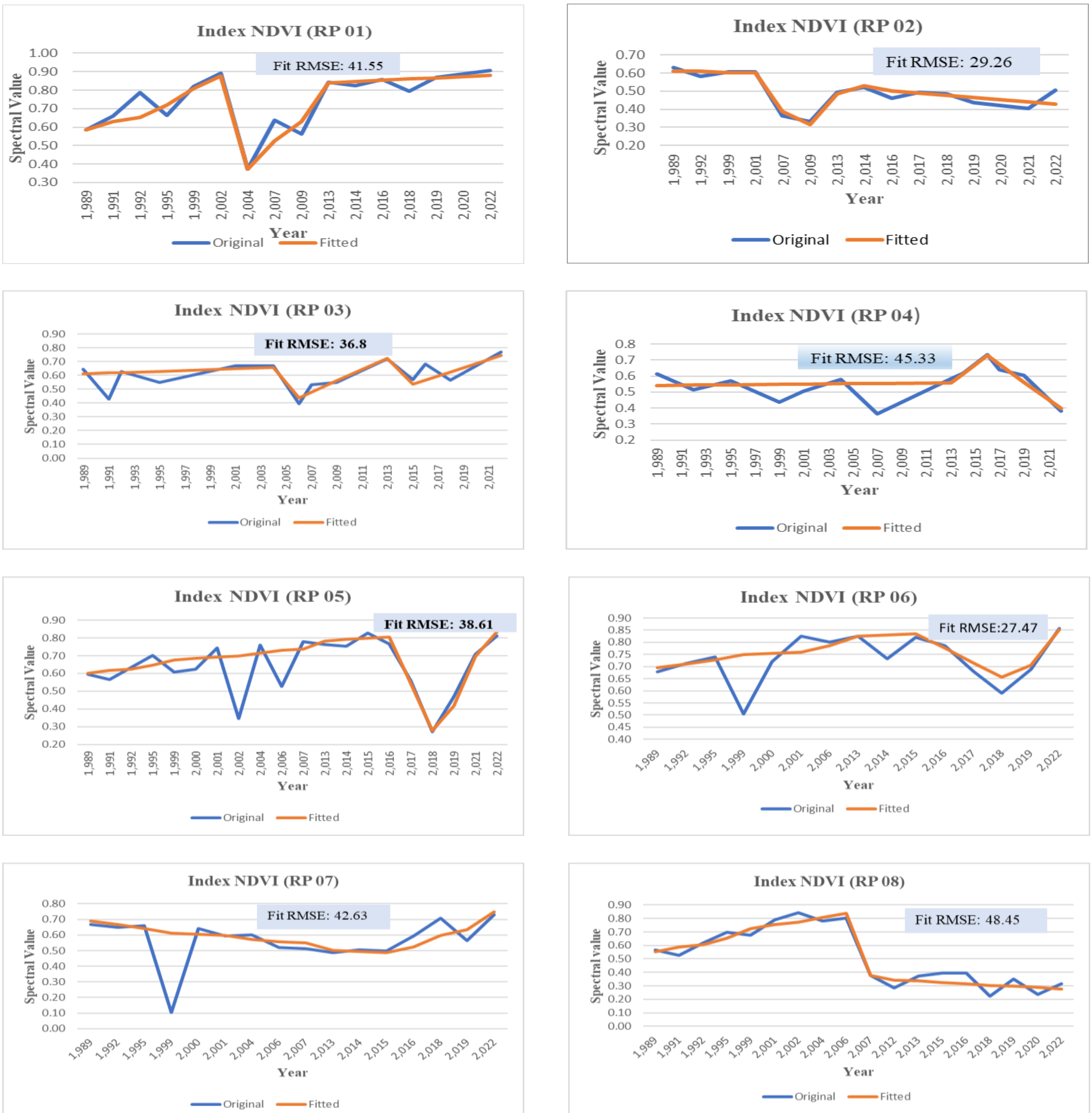


চিত্র ৩ ঃ নমুনা রেফারেন্স পয়েন্ট স্থানিক মানচিত্র। এসব স্থানের বন বিপর্যয় বিশ্লষণের জন্য Land Trendr মডেল প্রয়োগ করে এর সাথে রিমোট সেন্সিং তথ্যের সামঞ্জস্য দেখা হয়েছে। উক্ত মানচিত্রে ৮ টি পয়েন্টের স্থানিক পয়েন্ট দেখানো হয়েছে। [উৎস: লেখক কর্তৃক সংকলিত, ২০২৪]

হয়েছে। যা ১৯৮৯ থেকে ২০২৪ পর্যন্ত সময়কাল ধরে NDVI মান পরিবর্তনের দিকনির্দেশনা দেখানো হয়েছে। এছাড়া প্রতিটি গ্রাফের সাথে RMSE (Root Mean Square Error) মানও প্রদান করা হয়েছে, যা ফিটেড মডেলের সঠিকতা পরিমাপ করে।

চিত্র ৪ এ গ্রাফগুলির বিশ্লেষণে দেখা যায়, RP ০২ ও ০৩ এর NDVI মান সময়ের সাথে উল্লেখযোগ্যভাবে পরিবর্তিত হয়েছে। এদের RMSE মান ২৯.২৬ ও ৩৬.৩, যা মডেলের মধ্যম মানের সঠিকতা নির্দেশ করে। RP ০৪ এর NDVI মান সম্পর্কিত একই রকমের পরিবর্তন লক্ষ্য করা যায়, তবে এর RMSE মান ৪৩.৩, যা মডেলের সঠিকতা কম হওয়া নির্দেশ করে। RP ০৫ এ NDVI মান এর পরিবর্তন তুলনামূলকভাবে কম ছিল এবং RMSE মান ৩৮.৬১, যা মডেলের সঠিকতার মাঝারি স্তরের ইঙ্গিত দেয়। RP ০৬ এ NDVI মান এর পরিবর্তন সবচেয়ে বেশি ছিল, তবে RMSE মান ২৭.৪৭, যা এই রেফারেন্স পয়েন্টে ফিটেড মডেলের সঠিকতা ভালো। RP ০১, ০৭ এবং ০৮ এ NDVI মান এর পরিবর্তন কম ছিল এবং RMSE মান ৪১.৫৫, ৪২.৬৩ ও ৪৮.৪৫, এগুলো স্থিতিশীল ধরণের সূচক যা ভালো সঠিকতা প্রদর্শন করে।

এই সময় সিরিজ গ্রাফগুলি আমাদের বন আচ্ছাদন কিভাবে বছরের পর বছর পরিবর্তিত হয়েছে তা বিশ্লেষণ করা হয়েছে। এর মাধ্যমে বন বিপর্যয় এবং পুনরুদ্ধারের পর্যায়গুলো দেখানো হয়েছে। RMSE মান মডেলের সঠিকতা মূল্যায়ন করতে সহায়ক যা বন বিপর্যয় এবং পুনরুদ্ধারের বিশ্লেষণের নির্ভুলতা নিশ্চিত করে।



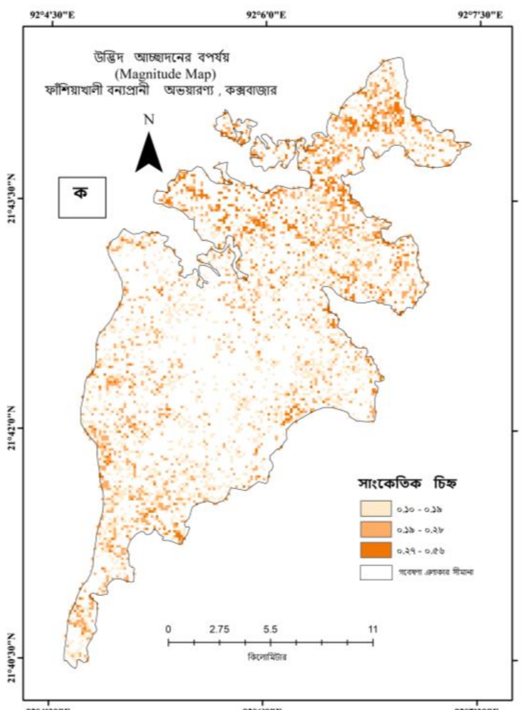
চিত্র ৪ ঃ এখানে আটটি রেফারেন্স পয়েন্ট RP 01- RP 08 এর NDVI টাইম সিরিজ Land Trendr মডেল প্রয়োগের মাধ্যমে বন আচ্ছাদনের পরিবর্তনের মাত্রা, প্রবণতা এবং পুনরুদ্ধার দৃশ্য সুস্পষ্টভাবে ফুটে উঠেছে। এর ধারা মডেলের সঠিকতা যাচাই করা হয়। এখানে নীল রেখা মূল ডাটা এবং কমলা রেখা মডেলের ফিটেড ডেটা। RMSE এর মান যত কম হবে সেই পয়েন্টে মডেলটি বেশী ফিট হবে। যেমন এখানে সবচেয়ে ফিটেড হয়েছে RP 2। অন্যদিকে আমরা যদি দেখি RP 01-RP 07 রেফারেন্স পয়েন্টগুলোতে বন বিপর্যয় এবং তা আবার পুনরুদ্ধার হয়েছে। অন্যদিকে RP 08 পয়েন্টে বন বিপর্যয় হলেও তা আর পুনরুদ্ধার হয়নি। [উৎস: লেখক কর্তৃক সংকলিত, ২০২৪]

ফাঁশিয়াখালি বন্যপ্রাণী অভয়ারণ্যের বন বিপর্যয়ের ধরন

NDVI টাইম সিরিজ এবং LandTrendr মডেলের ফলাফল বিশ্লেষণ দ্বারা বন বিপর্যয়ের স্থানিক এবং কালগত বৈশিষ্ট্যসমূহ উন্মোচিত হয়। এই অংশে, বন বিপর্যয়ের মাত্রা, পুনরুদ্ধারের গতিবিধি এবং এর পেছনে থাকা কারণগুলোর বিশ্লেষণ করা হয়েছে।

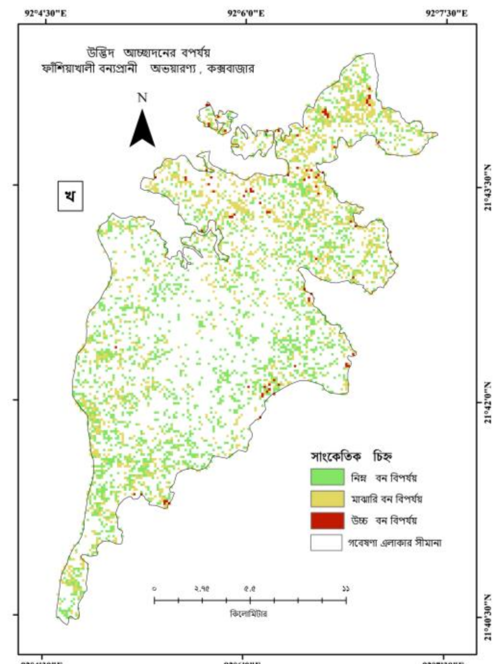
বন বিপর্যয়ের মাত্রা

LandTrendr মডেল দ্বারা প্রাপ্ত Magnitude Map বন বিপর্যয়ের বিভিন্ন স্তরকে চিহ্নিত করেছে। NDVI পরিবর্তন এর ভিত্তিতে বিপর্যয়ের এলাকাগুলিকে উচ্চ, মাঝারি, এবং নিম্ন পর্যায়ে বিভক্ত করা হয়েছে। এখানে বন বিপর্যয়ের তীব্রতা সম্পর্কে মূল্যবান তথ্য প্রদান করে যা চিত্র ৫ (ক) ও (খ) এ সুস্পষ্ট উল্লেখ করা আছে।



চিত্র ৫ ঃ (ক) বনভূপৃষ্ঠ পরিবর্তনের মাত্রা (Magnitude of Change)। [উৎস: LandTrendr মডেল কর্তৃক উদ্ভাবিত ও লেখক কর্তৃক সংকলিত, ২০২৪]

চিত্র ৫ (ক) এ চিত্রিত বনভূপৃষ্ঠ পরিবর্তনের মাত্রা (Magnitude of Change) থেকে আমরা লক্ষ করি যে, বন পরিবর্তনের সর্বোচ্চ মাত্রা ০.২৯ থেকে ০.৫৬, তা গাঢ় বাদামি রঙে চিহ্নিত হয়েছে। এ ধরনের উচ্চমাত্রার পরিবর্তন গবেষণা বনাঞ্চলের পূর্ব ও দক্ষিণাঞ্চলে বিস্তৃত দেখা যাচ্ছে। অন্যদিকে কেন্দ্রীয় অঞ্চল এবং কিছু উত্তর-পশ্চিম অংশে ০.১০-০.১৮ মাত্রার পরিবর্তন চিহ্নিত হয়েছে, যা হালকা বাদামি রঙে উপস্থাপিত হয়েছে। এর মানে হচ্ছে, এই অংশে বনভূমির পরিবর্তন তুলনামূলকভাবে কম।



চিত্র ৫: (খ) উদ্ভিদ আচ্ছাদনের বিপর্যয়ের পর্যায় বিশ্লেষণ (নিম্ন, মাঝারি ও উচ্চ বন বিপর্যয়)।

[উৎস: LandTrendr মডেল কর্তৃক উদ্ভাবিত ও লেখক কর্তৃক সংকলিত, ২০২৪]

(খ) অংশে বিপর্যয়ের তিনটি ধাপ বিশ্লেষণ করা হলো।

(১) উচ্চ বিপর্যয় এলাকাঃ দক্ষিণ এবং দক্ষিণ-পশ্চিম অঞ্চলে সবচেয়ে বেশি বন বিপর্যয় দেখা গেছে। এই এলাকাগুলিতে বিপর্যয়ের প্রধান কারণ ছিল অবৈধ লগিং এবং মানব বসতি। এই

সময়কালে অবৈধ কাঠ ব্যবসা এবং ভূমি ব্যবহার পরিবর্তন ছিল

(২) মাঝারি বিপর্যয় এলাকা: এই অঞ্চলগুলি, যা কেন্দ্রীয় অংশে অবস্থিত, NDVI পরিবর্তন হিসাবে মাঝারি বিপর্যয় দেখিয়েছে। এই অঞ্চলে জ্বালানী কাঠ সংগ্রহ এবং পশু চারণ ছিল বিপর্যয়ের কারণ, যদিও এই অঞ্চলে পুনরুদ্ধারের কিছু লক্ষণ দেখা যাচ্ছে।

(৩) নিম্ন বিপর্যয় এলাকা: উত্তর-পূর্ব এবং পূর্ব অঞ্চলে কম বিপর্যয় ছিল, যা স্থিতিশীল বাস্তুসংস্থান বা পুনরুদ্ধারের অঞ্চলের নির্দেশক। এই অঞ্চলগুলো হয়তো কম বিপর্যয়ের সম্মুখীন হয়েছে বা কাজের পুনরুদ্ধার দেখা গেছে।

সারনী ৩ ঃ গবেষণা এলাকার পিক্সেল ভিত্তিক বিপর্যয় ও অপরিবর্তনীয় এলাকার উপাত্ত।

Magnitude NDVI শ্রেণী	পিক্সেল সংখ্যা	আয়তন (হেক্টর)	শতকরা হার (%)
অপরিবর্তিত	১০,৬৭৮	৯৬১.০২	৭২.২৮%
নিম্ন বন বিপর্যয়	২২৪১	২০১.৬৯	১৫.১৭%
মাঝারি বন বিপর্যয়	১৮৫৮	১৬৭.২২	১২.৫৭%
উচ্চ বন বিপর্যয়	৭৮	৭.০২	০.৫৩%

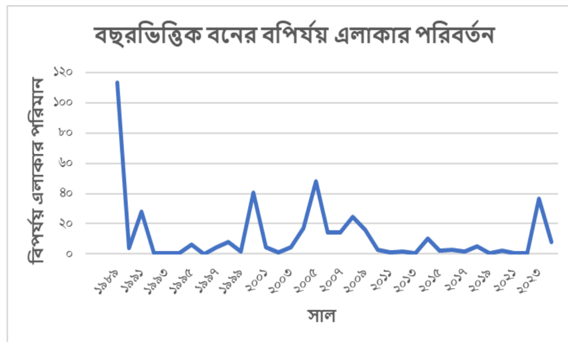
উপরোক্ত সারনী থেকে দেখা যায়, NDVI Magnitude বিশ্লেষণের মাধ্যমে গবেষণা এলাকায় বন পরিবর্তনের চারটি স্তর চিহ্নিত করা হয়েছে। অপরিবর্তিত, নিম্ন, মাঝারি ও উচ্চ বিপর্যয়। মোট ১৩৩৬.৯৫ হেক্টর আয়তনের মধ্যে প্রায় ৭২% অপরিবর্তিত থাকলেও, প্রায় ২৮% এলাকায় বিভিন্ন মাত্রায় বন বিপর্যয় চিহ্নিত করা গেছে। বিপর্যয় এলাকার পরিমান যথাক্রমে ১৫.১৭, ১২.৫৭ ও ০.৫৩ শতাংশ। সবচেয়ে সংকটাপন্ন অংশ হলো উচ্চ বিপর্যয়ের এলাকা, যা পরিমানে কম হলেও পরিবেশগত দৃষ্টিকোণ থেকে অগ্রাধিকার ভিত্তিতে নজরদারি ও পুনরুদ্ধারের উপযুক্ত পরিকল্পনা গ্রহণ প্রয়োজন। এই বিশ্লেষণ বন সংরক্ষণ ও পরিকল্পিত ব্যবস্থাপনার জন্য একটি কার্যকর নির্দেশনা প্রদান করে।

বিপর্যয়ের কালগত ধরণ

বিপর্যয়ের বছর চিত্র (Year of Disturbance Detection

বিপর্যয়ের কারণ।

Map) দেখায় বিপর্যয়ের সময়ভিত্তিক বিবরণ। বিপর্যয়গুলি বিভিন্ন বছরে সংঘঠিত হয়েছে। এই চিত্রের মাধ্যমে সহজেই বিপর্যয়ের পর্যায়সহ বছর নির্ণয় করা যায়। এর ফলে চিত্র ৬ ও ৭ (ক) এর বেশ কিছু বছর, বিশেষ করে ২০০০, ২০০৫ এবং ২০২৩-এ বিপর্যয়ের উচ্চ স্তরের উপস্থিতি দেখা যায়।



চিত্র ৬ ঃ বছরভিত্তিক বনের আচ্ছাদনের বিপর্যয়ের পরিবর্তন (Year of Disturbance Detection)|

[উৎস: LandTrendr মডেল কর্তৃক উদ্ভাবিত ও লেখক কর্তৃক সংকলিত, ২০২৪]

২০০৫: এই বছরটি ছিল বিপর্যয়ের শীর্ষবিন্দু, যেখানে ৫৩২ পিক্সেল (৪৭.৮৮ হেক্টর) বন এলাকা ক্ষতিগ্রস্ত হয়। ২০২৩ সালেও বিপর্যয়ের মাত্রা উল্লেখযোগ্যভাবে বেশী, যেখানে ৪০৫ পিক্সেল (৩৬.৪৫ হেক্টর) বন এলাকা ক্ষতিগ্রস্ত হয়েছে। এই সময়ভিত্তিক বিপর্যয় ধরণ স্পষ্ট করে যে, যদিও কিছু সংরক্ষণ প্রচেষ্টা করা হয়েছে, কিন্তু ফাঁশিয়াখালি অভয়ারণ্য এখনও বিপর্যয়ের মধ্যে রয়েছে।

ফাঁশিয়াখালি বন্যপ্রাণী অভয়ারণ্যে বন পুনরুদ্ধারের ধরণ

Duration of Recovery Map বন পুনরুদ্ধারের গতিবিধি নির্ধারণে গুরুত্বপূর্ণ তথ্য প্রদান করে। এটি বন পুনরুদ্ধারের স্তরকে তিনটি শ্রেণীতে ভাগ করেছে: দ্রুত পুনরুদ্ধার (সবুজ), মাঝারি পুনরুদ্ধার (নীল) এবং ধীর পুনরুদ্ধার (লাল) চিত্র ৭ (খ)। চিত্র ৬ থেকে আমরা দেখতে পাই প্রতিটি বিপর্যয়ের পর মাত্র দুই থেকে তিন বছরের মধ্যেই পুনরুদ্ধার হয়েছে। যেমন ২০০০ সালের বিপর্যয়ের পর ২০০২ সালেই তা পুনরুদ্ধার

হয়েছে। আবার ২০০৫ সালের বিপর্যয়ের পর ২০০৭ সালে প্রায় ৫০% এবং ২০১০ সালে সম্পূর্ণ পুনরুদ্ধার হয়েছে।

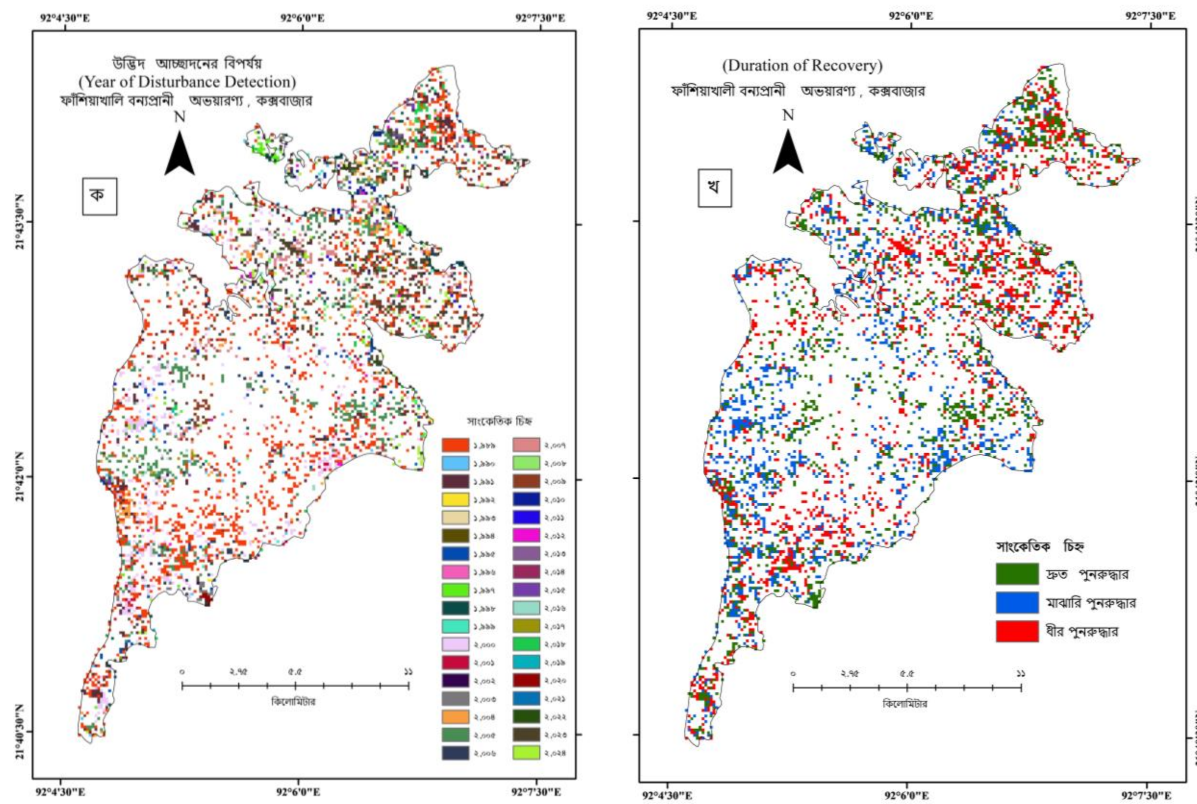
পুনরুদ্ধারের ধরণ ও অঞ্চল

চিত্র ৭ (খ) থেকে দেখা যায়-দ্রুত পুনরুদ্ধার (সবুজ) যে এলাকা গুলিতে দ্রুত পুনরুদ্ধার হয়েছে, তা প্রধানত উত্তর-পূর্ব এবং সম্মুখীন হয়েছিল। এই অঞ্চলে গবাদি পশু চারণ এবং জ্বালানী কাঠ সংগ্রহ আরও উন্নতির পথে অন্তরায় সৃষ্টি করেছে। এই এলাকা গুলিতে পুনরুদ্ধার লক্ষণ দেখা যাচ্ছে, তবে আরও দ্রুত উন্নয়নের জন্য প্রাকৃতিক পুনরুদ্ধারের প্রচেষ্টা প্রয়োজন।

কেন্দ্রীয় অঞ্চলে অবস্থিত। এখানে বন কম ক্ষতিগ্রস্ত হয়েছে অথবা সংরক্ষণ কার্যক্রম সফল ছিল। দ্রুত পুনরুদ্ধার সাধিত হতে পারে কারণ এই এলাকায় প্রাকৃতিক বন ব্যবস্থাপনা এবং সংরক্ষণের প্রচেষ্টা চালানো হয়েছে।

মাঝারি পুনরুদ্ধার (নীল): এই এলাকাগুলি মাঝারি বিপর্যয়ের

ধীর পুনরুদ্ধার (লাল): লাল অঞ্চলে বন পুনরুদ্ধার ধীর, যা দক্ষিণ এবং দক্ষিণ-পশ্চিম অঞ্চলে বেশি দেখা যায়। এখানে অবৈধ লগিং এবং ভূমি পরিবর্তন মূলত ধীর পুনরুদ্ধারের কারণে।

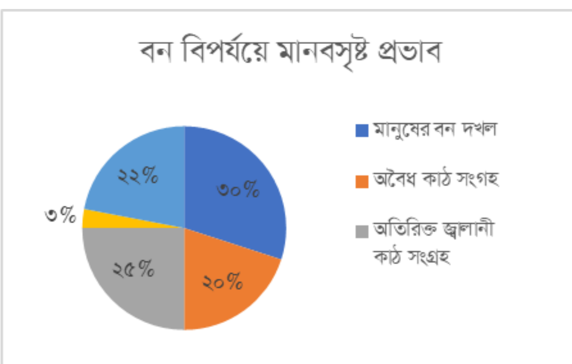


চিত্র ৭: (ক) সময়গত প্রতি বছর ভিত্তিক বিপর্যয়ের স্থানিক পরিবর্তন নির্ণয় চিত্র (Year of Disturbanc Detection Map)। এখানে ১৯৮৯ থেকে ২০২৪ সাল পর্যন্ত প্রত্যেক বছরের বিপর্যয়ের পরিবর্তন দেখানো হয়েছে। (খ) সময়গত পুনরুদ্ধার চিত্র (Duration of Recovery Map) [উৎস: LandTrendr মডেল কর্তৃক উদ্ভাবিত, লেখক কর্তৃক সংকলিত, ২০২৪]

বন বিপর্যয়ের কারণসমূহ

SMART পেট্রোলিং উপাত্ত, যা মাঠ পর্যায়ে সংগৃহীত হয়েছে, ফাঁশিয়াখালি বন্যপ্রাণী অভয়ারণ্যে বন বিপর্যয়ের প্রধান কারণগুলো চিহ্নিত করেছে। এই উপাত্ত অনুযায়ী প্রধানভাবে মানবসৃষ্ট কার্যক্রম যেমন বন দখল, অবৈধ কাঠ সংগ্রহ, এবং অতিরিক্ত পরিমানে জ্বালানী কাঠ সংগ্রহ বন বিপর্যয়ের কারণ। চিত্র ৮ এ তা উপস্থাপন করা হয়েছে। সে চিত্র থেকে প্রাপ্ত তথ্য নিচে বিশ্লেষণ করা হলো।

মানুষের বন দখল (৩০%) বন বিপর্যয়ের প্রধান কারণ হিসেবে উঠে এসেছে। আশেপাশের মানুষের চাহিদা বাড়ার সাথে সাথে অভয়ারণ্যের সীমান্তের আশেপাশে কৃষি এবং বাসস্থান স্থাপন হয়। যার ফলে বন এলাকা কমে যায়। অবৈধ কাঠ সংগ্রহ (২০%) বড় সমস্যা। বনের উপর আশেপাশের গ্রামের মানুষ নির্ভরশীল। তাই প্রতিনিয়ত কাটা পড়ছে কাঠ। জ্বালানী কাঠ সংগ্রহের (২৫%) জন্য স্থানীয় সম্প্রদায় অভয়ারণ্যের উপর নির্ভরশীল যা বন বিধ্বংসী কার্যক্রমের অন্যতম কারণ। বন আগুনও (৩%) বিপর্যয়ের কারণ। এই আগুনগুলো সাধারনত মানবসৃষ্ট বা প্রাকৃতিক কারণ দ্বারা ঘটতে পারে। অন্যান্য কার্যক্রমের (২২%) মধ্যে গবাদি পশু চারণ, অবৈধ খনন এবং অনিয়ন্ত্রিত পর্যটন অন্তর্ভুক্ত যা বন বিপর্যয়ের সূচনা করে।



চিত্র ৮: SMART পেট্রোলিং উপাত্ত বিশ্লেষণে বন বিপর্যয়ের মানবসৃষ্ট কারণগুলো। [উৎস: লেখক কর্তৃক সংকলিত, ২০২৪]

উপসংহার

এই গবেষণায় রিমোট সেন্সিং উপাত্ত এবং LandTrendr মডেল ব্যবহারের মাধ্যমে ফাঁশিয়াখালি বন্যপ্রাণী অভয়ারণ্যে বন বিপর্যয় এবং পুনরুদ্ধারের ধরণ ব্যাপকভাবে মূল্যায়ন করা হয়েছে। গবেষণার ফলাফলে দেখা যায়, অভয়ারণ্যের বনগুলো মারাত্মকভাবে মানবসৃষ্ট কার্যক্রম দ্বারা প্রভাবিত। বিশেষত বন দখল, অবৈধ কাঠ সংগ্রহ, অতিরিক্ত জ্বালানী কাঠ সংগ্রহ এবং বন অগ্নিকাণ্ড। যার ফলে অভয়ারণ্যের বিভিন্ন অঞ্চলে বন বিপর্যয়ের মাত্রা ভিন্ন ভিন্ন হয়েছে। বন পরিবর্তনের সর্বোচ্চ মাত্রা ০.২৯ থেকে ০.৫৬ । এ ধরনের উচ্চমাত্রার পরিবর্তন গবেষণা বনাঞ্চলের পূর্ব ও দক্ষিণাঞ্চলে বিস্তৃত দেখা যাচ্ছে। অন্যদিকে কেন্দ্রীয় অঞ্চল এবং কিছু উত্তর-পশ্চিম অংশে ০.১০-০.১৮ মাত্রার পরিবর্তন লক্ষ্য করা যায়। যেখানে বন আচ্ছাদন স্থিতিশীল অথবা পুনরুদ্ধার হয়েছে। এই পুনরুদ্ধার অঞ্চলগুলো প্রমাণ করে যে, কিছু অংশে অভয়ারণ্যটি বাস্তুতন্ত্রগত স্থিতিস্থাপকতা প্রদর্শন করে।

কালগত বিপর্যয়ের বিশ্লেষণে, বিশেষ করে ২০০৫ এবং ২০২৩ সালগুলোতে বিপর্যয়ের মাত্রা সবচেয়ে বেশি এবং যথাক্রমে ৫৩২ পিক্সেল (৪৭.৮৮ হেক্টর) এবং ৪০৫ পিক্সেল (৩৬.৪৫ হেক্টর) বন এলাকা ক্ষতিগ্রস্ত হয়েছে। অন্যদিকে LandTrendr মডেলের প্রাপ্ত চিত্রে বন পুনরুদ্ধারের স্তরকে তিনটি শ্রেণীতে ভাগ করেছে: দ্রুত পুনরুদ্ধার (সবুজ), মাঝারি পুনরুদ্ধার (নীল) এবং ধীর পুনরুদ্ধার (লাল)। আমরা দেখতে পাই প্রতিটি বিপর্যয়ের পর মাত্র দুই থেকে তিন বছরের মধ্যেই পুনরুদ্ধার হয়েছে। এই মডেলটি গবেষণা এলাকায় কতটুকু ফিটেড করে তা নির্ণয়ের জন্য নেয়া আটটি রেফারেন্স পয়েন্টের মধ্যে প্রথম সাতটি পয়েন্টে বন আচ্ছাদন পুনরুদ্ধার হলেও শেষের পয়েন্টে বন পুনরুদ্ধারিত হয়নি। SMART পেট্রোলিং ব্যবহার করে মাঠ পর্যায়ে সংগৃহীত তথ্যগুলো বন বিপর্যয়ের প্রধান কারণ হিসেবে মানুষের বন দখল (৩০%), অবৈধ কাঠ সংগ্রহ (২০%) এবং অতিরিক্ত জ্বালানী কাঠ সংগ্রহ (২৫%) চিহ্নিত করেছে। প্রাপ্ত ফলাফলগুলো স্পষ্টভাবে টেকসই সংরক্ষণ কৌশল প্রয়োগের প্রয়োজনীয়তা তুলে ধরেছে। যার মধ্যে আইন প্রয়োগের শক্তিশালীকরণ, কমিউনিটি-ভিত্তিক সংরক্ষণ উদ্যোগ এবং টেকসই বন সম্পদ ব্যবস্থাপনা অন্তর্ভুক্ত। এছাড়া ইকো-ট্যুরিজম এবং বিকল্প জীবিকা উদ্যোগ স্থানীয় জনগণের জন্য টেকসই অর্থনৈতিক সুযোগ তৈরি করতে পারে, যার মাধ্যমে তারা অভয়ারণ্যের সম্পদ থেকে অতিরিক্ত চাপ কমাতে পারবো।

তথ্যসুত্র

Cohen, W. B., Goward, S. N., & Kennedy, R. E. (2016). Detection of forest disturbance and recovery using multi-temporal Landsat data. Remote Sensing of Environment, 175, 135-145. https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.12.032

Gomez, C., DeFries, R., & Nelson, A. (2021). Global trends in deforestation and forest degradation. Journal of Geophysical Research: Biogeosciences, 126(7), e2020JG006446. https://doi.org/10.1029/2020JG006446

Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., & Turubanova, S. A. (2013). High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. Science, 342(6160), 850-853. https://doi.org/10.1126/science.1244693

He, H., Huang, J., & Wu, Z. (2015). Forest recovery and resilience: A study on the dynamics of disturbed tropical forest ecosystems. Global Ecology and Biogeography, 24(6), 746-755. https://doi.org/10.1111/geb.12315

Huang, C., Liu, D., & Zhang, Y. (2010). Assessing forest disturbance and recovery using remote sensing: A case study in the temperate forest region of North America. Forest Ecology and Management, 259(5), 761-771. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.11.033

IPAC Report. (2009). Site-level field appraisal of Fashiakhali Wildlife Sanctuary. Integrated Protected Area Co-management Project, Bangladesh.

Kennedy, R. E., Yang, Z., & Cohen, W. B. (2010). Detecting trends in forest disturbance and recovery using yearly Landsat time series: 1. LandTrendr — Temporal segmentation algorithms. Remote Sensing of Environment, 114(12), 2897-2910. https://doi.org/10.1016/j.rse.2010.07.008

Kennedy, R. E., Yang, Z., Gorelick, N., Braaten, J., Cavalcante, L., Cohen, W. B., & Healey, S. (2018). Implementation of the LandTrendr algorithm on Google Earth Engine. Remote Sensing, 10(5), 691. https://doi.org/10.3390/rs10050691

Lindenmayer, D. B., & Franklin, J. F. (2006). Biological conservation: The science of preserving biodiversity. Cambridge University Press.

Mugiraneza, T., Nascetti, A., & Ban, Y. (2020). Continuous monitoring of urban land cover change trajectories with Landsat time series and LandTrendr-Google Earth Engine cloud computing. Remote Sensing, 12(18), 2883. https://doi.org/10.3390/rs12182883

Smith, D. M., & Waring, R. H. (2018). The impact of human activity on forest ecosystems and biodiversity. Conservation Biology, 32(4), 778-786. https://doi.org/10.1111/cobi.13045

Zhao, Z., Li, J., & Weng, Q. (2015). Application of spectral indices for forest health monitoring. International Journal of Remote Sensing, 36(10), 2567-2581. https://doi.org/10.1080/01431161.2015.1025916

জাহাঙ্গীরনগর বিশ্ববিদ্যালয় ভূগোল ও পরিবেশ সমীক্ষণ ৪৩:২০২৪ (পৃ. ১১৫-১২৬)
Jahangirnagar Bishwavidyalay Bhugol O Paribesh Samikkhan 43:2024 (pp 115-126) *ISSN 1027-8567*

Exploring Forest Disturbance and Recovery in Fashiakhali, Cox's Bazar: A LandTrendr Model Approach

Muhammad Khalilur Rahman[1], Ebadullah Khan[2]

[1]Junior Consultant, Sustainable Forest and Livelihood (SUFAL) Project, Forest Department.

[2]Associate Professor, Department of Geography and Environment, Jahangirnagar University, Savar, Dhaka-1342.

Abstract: The Fashiakhali Wildlife Sanctuary, located in Chakaria Upazila of Cox's Bazar District, Bangladesh, is a protected area designated by the Bangladesh Forest Department and holds ecological significance for biodiversity conservation. The sanctuary is increasingly threatened by anthropogenic disturbances. This study aims to detect the patterns of forest disturbance and recovery within the sanctuary from 1989 to 2024 using Landsat satellite imagery and the LandTrendr model. The NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) was employed to analyze temporal vegetation dynamics, with values ranging from a minimum of 0.10 to a maximum of 0.56. Analysis of eight representative reference points exposed that seven experienced forest disturbance followed by varying degrees of restoration, while one location exhibited insistent disturbance with no detectable recovery. Significant disturbance events were identified in 2005 and 2023, corresponding to losses of 47.88 and 36.45 ha, respectively. Spatial analysis indicated that the most severe disturbance occurred in the southern and southwestern regions, whereas evidence of vegetation recovery was concentrated in the northeastern and central parts of the sanctuary, reflecting a degree of ecosystem resilience. Based on the severity of disturbance, the area was categorized into four zones: high (7.02 ha), moderate (167.22 ha), low (201.69 ha), and unchanged (961.02 ha). Field data, collected through SMART (Spatial Monitoring and Reporting Tool) patrolling, identified key anthropogenic drivers of degradation, including land encroachment (30%), illegal timber extraction (20%), unsustainable fuelwood collection (25%), and forest fires (3%). This study underscores the need for enhanced conservation strategies and sustainable forest management to mitigate human impact and support forest recovery efforts in Fashiakhali.

Keyworkds: Disrurbance, Recovery, NDVI, Remote Sening, LandTrendr, SMART Patrolling

---